

# REUTILIZACIÓN de RESIDUOS

F. CABRERA

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla, CSIC.

SEVILLA

Estamos viviendo un tiempo en el que aumenta la preocupación por los problemas medioambientales, prueba de ello es la reciente Conferencia de Río de Janeiro. Las ciudades, las industrias y la agricultura demandan lugares donde ubicar los residuos que producen, o métodos para tratarlos de forma que causen el mínimo impacto negativo sobre el medio ambiente.

En la obtención del aceite de oliva por el sistema tradicional de tres fases se generan dos residuos o subproductos: el **orujo** y el **alpechín**, cuya eliminación constituye un problema para el sector.

El orujo no puede considerarse como un residuo. Tradicionalmente, el orujo, después de secado, se somete a la extracción del aceite, y el orujillo resultante se usa como combustible en la propia extractora, en las almazaras o en otras industrias. Hoy día han surgido otras alternativas de uso para el orujo como son la fabricación de compost (abono orgánico) (de BERTOLDI *et al.*, 1986), la utilización de la pulpa (compuesta por celulosa, hemicelulosa, azúcares, pectinas, proteínas, etc.) para la alimentación animal, y la de los fragmentos de hueso en la fabricación de carbones, carbones activos y furfural (RAMOS AYERBE Y ORTEGA JURADO, 1986).

El otro residuo es el alpechín, effluente líquido compuesto por el agua de vegetación del fruto que comprende un 45-50% del peso de la aceituna, y que lleva disueltas sustancias propias del fruto (sales, azúcares, antocianos, glucósidos, etc.). El alpechín comprende además el agua que se utiliza en las distintas etapas de la elaboración del aceite (acondicionamiento del fruto, añadida durante el proceso en molinos, batidoras y centrifugas), así como las aguas utilizadas en la insta-

lación para la limpieza de la misma. El resultado es un líquido de color oscuro, con sustancias en suspensión y disueltas, que recién extraído tiene un olor característico similar al del aceite, y que cuando está fermentado tiene olor fétido. Su propio nombre, alpechín, alude a esta última característica, ya que proviene de la palabra mozárabe *pechin*, derivada de la latina *faecinus*, que significa «de la hez». Otros nombres también usados, como murga, morgia o amorca (del latín *amurca*) aluden asimismo a su característica de jugo fétido.

La composición química del alpechín es variable y es función de numerosos factores como son la variedad del olivo, el sistema de cultivo, la madurez del fruto, el tiempo de almacenamiento previo a la molienda, aunque fundamentalmente depende de la tecnología empleada en la extracción del aceite (véanse Cuadros 1, 2 y 3).

La eliminación de los alpechines constituye en la actualidad un grave problema para la industria del sector, debido al alto poder contaminante de los mismos, que radica fundamentalmente en su alta carga orgánica y a los altos valores de otros parámetros que definen el poder contaminante (véase Cuadro 4), que sobrepasan con mucho los estable-

Cuadro 1  
COMPOSICIÓN MEDIA del ALPECHÍN

Componente	Porcentaje
agua .....	83.4
materia orgánica .....	14.8
materia mineral .....	1.8



1.- Balsas de evaporación de alpechines.

cidos por la Ley de Aguas: pH 5,5-9,5; demanda química de oxígeno, DQO 500 mg/l; demanda bioquímica de oxígeno, DBO 300 mg/l; sólidos en suspensión 300 mg/l; etc.

El problema no es nuevo. Tradicionalmente el sector del aceite de oliva estuvo integrado por un gran número de pequeñas almazaras muy diseminadas, por lo que los vertidos, de escasa importancia, se perdían en los campos sin alcanzar los cauces de los ríos. En Andalucía, en la década de los 50, una mayor industrialización del sector hizo que se constituyeran cooperativas, construyéndose almazaras con mayor capacidad de producción, con el consiguiente aumento del volumen de alpechines. A finales de los 70, el vertido de alpechines constituía el principal problema de contaminación en la cuenca del Guadalquivir. Por esta razón en 1981 el Gobierno arbitra medidas al respecto, prohibiendo el vertido y subsidiando la construcción de balsas de evaporación. Como consecuencia se construyeron cerca de 1.000 balsas, lo que trajo como resultado una mejora de la calidad de las aguas de los ríos de la cuenca. Sin embargo, las balsas producen un grave impacto ambiental en las zonas cercanas a su ubicación debido a los malos olores, proliferación de insectos, derrames y filtraciones. Por otra parte, la colmatación de las balsas por los lodos constituye otro problema ya que no en todos los casos se ha encontrado utilidad para éstos. Sin embargo, el problema más grave en la actualidad surge de la sustitución en muchas almazaras del sistema clásico de prensas por el continuo, que produce más del doble volumen de alpechín, con lo que las balsas existentes han quedado insuficientes. En la actualidad se estima que por cada kilo de aceite se origina 5-6 l de alpechín, lo que supone en nuestra región un volumen de 2-3 millones de m<sup>3</sup>.

La solución de las balsas, si bien puede resolver el problema de la calidad de las aguas siempre que se disponga de un volumen suficiente de embalse, no resuelve el problema de la eliminación de los alpechines.

El problema es grave por el volumen de alpechín que se produce y por el corto tiempo en que esta producción tiene lugar (unos 100 días, noviembre-marzo). Considerando una DBO media del alpechín de 60 kg/m<sup>3</sup>, puede calcularse que la contaminación generada por el alpechín equivale a la de una ciudad de 16 millones de habitantes durante 100 días.

La solución no es fácil y las alternativas pueden resumirse en dos: depurar (tratamiento) y reutilizar (reciclar).

## TRATAMIENTO DE LOS ALPECHINES

La depuración del alpechín es un proceso difícil dada su alta carga contaminante. Conseguir la reducción de la DBO desde 30.000-100.000 mg/l hasta 300 mg/l, que es la máxima permitida para vertidos, requiere por lo general sistemas de tratamiento con varias etapas sucesivas en las que se vayan logrando reducciones paulatinas de la DBO, así como la de otros parámetros como los contenidos en nitrógeno, fósforo, etc. En la actualidad existen numerosos sistemas de depuración de aguas que pueden aplicarse a la del alpechín, tales sistemas comprenden tratamientos químicos, físicos y biológicos, y tecnologías tan sofisticadas como la resonancia magnética.

En todos los procesos de depuración de alpechines se producen residuos o subproductos. En unos casos es un agua con mayor o menor carga contaminante y un lodo en el que se acumula gran parte de la materia orgánica, en otros se produce además un gas. Lo que debe quedar claro es que todo sistema de depuración debe contemplar la posible reutilización de los residuos producidos. Así, el agua podría usarse en algún proceso de la propia almazara (lavado de las aceitunas, agua de caldera, etc.) o utilizarse para agua de riego. Los concentrados o lodos, podrían usarse para la alimentación animal, como fuente de productos de interés fitosanitario, farmacéutico, colorantes, o como base para la fabricación de compost. El gas puede usarse como fuente de energía. Desde un punto de vista económico la utilización de estos subproductos es interesante porque constituye el único aporte económico positivo al proceso de depuración. Sin embargo, el balance económico de cualquier proceso de depuración es negativo porque entraña un consumo de energía, y los costos han de ser absorbidos por los del producto manufacturado, en este caso el aceite.

Recientemente ha finalizado un experimento emprendido por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en colaboración con la Junta de Andalucía, en el que se han probado nueve sistemas de depuración de alpechines usando tecnologías muy variadas, nacionales y extranjeras. En general todos los métodos probados han conseguido reducir la DBO de los alpechines a 3.000 mg/l con un coste entre 0,9 y 1,4 ptas/l, lo que supone un aumento del coste del aceite virgen de 4,5 a 8,5 ptas/kg, sin contar los costes de amortización de instalación de las plantas (AYESA, 1992).

Otra alternativa de depuración es el aprovechamiento de la capacidad depuradora de los suelos. Este es sin duda el método más antiguo conocido de eliminación y tratamiento de residuos tanto sólidos como líquidos. El suelo es un gigantesco sistema de biodegradación, capaz de incorporar residuos vegetales y animales hasta hacerlos indistinguibles de él mismo. En este procedimiento de depuración, que es lo que en la literatura internacional se denomina «Land treatment» (FULLER Y WARRICK, 1985), no se pretende el aprovechamiento agrícola del agua, de la materia orgánica o de los minerales del alpechín, que sería el objetivo de lo que se denomina «Land utilization», sino que sólo se pretende verter el residuo líquido en condiciones controladas.

El sistema de «Land treatment» está basado en la interacción física, química y microbiológica entre los componentes y microorganismos del suelo y del efluente. Se necesitan unas ciertas características físico-químicas por parte del suelo, que se traducen en una adecuada porosidad, permeabilidad y conductividad hidráulica. Asimismo, se requieren condiciones adecuadas de pluviosidad y evapotranspiración en la zona, así como determinadas características hidrológicas.

Para el tratamiento de alpechines por este sistema se requiere: 1) una pequeña extensión de terre-

no llamo próximo a la almazara; 2) un estricto control de las dosis de riego para adecuarlas a la capacidad de infiltración del terreno, evitando escorrentías y encharcamiento; y 3) capas freáticas profundas e impermeables que garanticen la no contaminación de las aguas subterráneas (DUPUY DE LOME Y MARTÍNEZ BORDIÚ, 1991).

Los experimentos llevados a cabo hasta el momento han mostrado que un suelo calizo (40%  $\text{CaCO}_3$ ) arcilloso recibiendo una dosis media de 600 l/m<sup>2</sup> de alpechín, es capaz de absorber la carga contaminante del alpechín sin que se observen cambios substanciales en la composición del suelo por debajo de 1,5 m, incluso después de tres años de tratamiento (LÓPEZ *et al.*, 1992).

## RECICLAJE DE LOS ALPECHINES

Para muchos el problema medioambiental que crean los residuos sólo se resuelve completamente mediante el reciclaje. Este reciclaje puede conseguirse mediante su aplicación a los suelos, no ya como en el caso del «Land treatment» como una forma de depuración, sino con una finalidad agronómica. Con el «Land utilization» se consigue un aprovechamiento integral del alpechín, de su agua, de su materia orgánica y de sus sales minerales. Además el uso del alpechín como fertilizante, enmendante orgánico o acondicionador del suelo, supone un ahorro energético. Los fertilizantes químicos, y en especial los nitrogenados, son productos que necesitan un elevado consumo energético para su producción: 15-20 termias por cada kilo de nitrógeno, 3-15 termias por cada kilo de fósforo y 1-2 termias por cada kilo de potasio. Esto supone de 20 al 50% del consumo energético agrícola y esta energía proviene en su mayoría de combustibles fósiles no renovables.

La adición de materia orgánica a los suelos es siempre positiva porque: 1) aumenta el nivel de



2.- Cultivos de cebada en parcelas abonadas con alpechín (primer plano) y fertilizantes convencionales (fondo derecha).

**Cuadro 2**  
**COMPOSICIÓN MEDIA de la MATERIA**  
**ORGÁNICA del ALPECHÍN**

<i>Componente</i>	<i>Porcentaje</i>
grasas .....	0,14-6,8
proteínas .....	8,1-16,2
azúcares .....	13,5-54,0
ácidos orgánicos .....	3,4-10,1
polialcoholes .....	6,8-10,1
pectinas y gomas .....	3,4-10,1
taninos, glúcidos y polifenoles .....	3,4-6,8

agregación de las partículas del suelo, aumentando la permeabilidad y la capacidad de adsorción y de retención de agua, evitando al mismo tiempo el riesgo de erosión; 2) mejora las propiedades químicas del suelo, aumentando su capacidad de intercambio catiónico y la formación de complejos con los micronutrientes; 3) aumenta la cantidad y diversidad de las especies microbianas del suelo, como consecuencia del aumento del contenido en carbono y nitrógeno orgánicos.

Por consiguiente, el aprovechamiento agrícola de los residuos orgánicos en general, y por tanto de los alpechines, supone dejar de pensar en estos residuos como un problema para considerarlos como un posible recurso, con el consiguiente valor añadido que esto conlleva.

A pesar de todo, existe una serie de condiciones que limitan el uso agrícola de los residuos, que deben tenerse en cuenta para evitar la contaminación del medio y los efectos desfavorables sobre las plantas (FULLER Y WARRICK, 1985):

1) La concentración de sustancias tóxicas (por ejemplo: metales pesados, sales, determinados compuestos orgánicos, etc.) en el residuo deben estar por debajo de ciertos límites.

2) El control de los aportes de forma que se consiga la máxima producción sin dejar sustancias en exceso que contaminen las aguas subterráneas.

3) Biodegradación y transformación del residuo en un período razonable de tiempo.

4) Relación C/N menor de 30, o adición de nitrógeno en caso contrario, para evitar la llamada hambre de nitrógeno.

5) No afectar negativamente a las propiedades físicas de los suelos.

6) Beneficiar directa o indirectamente al desarrollo y crecimiento de las plantas.

7) Transporte e incorporación económicos.

8) Aplicación sin requerimiento de prácticas agrícolas especiales.

9) No ocasionar riesgos para la salud de los individuos de la cadena trófica.

10) No originar problemas sanitarios o ambientales, como malos olores, aparición de insectos o perjudicar al paisaje.

**Cuadro 3**  
**COMPOSICIÓN MEDIA de la MATERIA**  
**MINERAL del ALPECHÍN**

<i>Componente</i>	<i>Porcentaje</i>
carbonatos .....	21
fosfatos .....	14
potasio .....	47
sodio .....	7
otros .....	11

Quizás por estas limitaciones, por el rápido desarrollo de la tecnología de tratamiento de residuos, que pretende ser el mejor método para eliminarlos, así como por cierto desinterés y desconfianza por parte de los agricultores, el avance del uso agrícola de los residuos ha sido muy lento. En la actualidad se están dedicando grandes esfuerzos por parte de los investigadores para conocer a fondo y paliar los factores que dificultan el uso agrícola de los residuos y demostrar las posibilidades de uso.

En el caso particular del alpechín, hace tan solo unas semanas, la Dirección General VI de la Comunidad Europea convocó en Bari a expertos de Italia, Grecia y España, los tres grandes productores de aceite de oliva, para participar en un «workshop» sobre el «Uso del alpechín en la agricultura». En él se trataron temas relacionados con las limitaciones impuestas por las leyes, con las posibles consecuencias del uso del alpechín para los suelos y las plantas, etc. En esa reunión se llegó a la conclusión de que con el nivel de conocimiento actual el alpechín debería considerarse como un recurso renovable en vez de como un residuo.

El uso del alpechín como fertilizante no es nuevo. Ya en el siglo II a C. Marcus Porcius Cato (234-149 a C.) recomendaba su uso para aumentar la fertilidad de las tierras. Más tarde Lucius Junius Moderatus Columela en el siglo I, Abu Zacarias (1148) y Gabriel Alonso de Herrera (1470-1539) también preconizaban la utilización del alpechín como fertilizante.

En la actualidad son muchos los investigadores que se ocupan del tema y preconizan que su uso tiene una serie de ventajas (FIESTAS, 1986; TOMATI Y GALLI, 1992): 1) es una forma económica de tratar o eliminar el alpechín; 2) es una fuente barata de agua para el riego; 3) suministra al suelo cantidades importantes de potasio, así como cantidades de nitrógeno, fósforo, magnesio, etc. que merecen ser tenidas en cuenta; 4) suministra materia orgánica que puede mejorar la fertilidad de los suelos.

Los mismos autores están de acuerdo en que esa aplicación puede acarrear algunos proble-

mas: 1) dificultad de almacenamiento, ya que se produce un volumen relativamente alto de agua en un período en que generalmente las necesidades de riego son bajas (noviembre-marzo); 2) la elevada salinidad (conductividad eléctrica, CE 7-20 dS/m) que puede ocasionar daños tanto en el terreno como a las plantas (se han detectado problemas en la germinación, quemaduras en hojas, etc.); 3) el bajo pH es otro problema, aunque en suelos calizos es menos importante; 4) el abundante contenido de polifenoles le confiere poder fitotóxico (se han detectado más de 50 compuestos fenólicos, numerosos alcoholes, aldehídos y otras moléculas orgánicas de bajos pesos moleculares (SAIZ-JIMÉNEZ *et al.*, 1987)).

### Aplicación directa a los suelos

La información existente respecto a la aplicación directa del alpechín a los suelos y sus efectos sobre las propiedades de éstos y sobre las cosechas es insuficiente, muy variada y a veces contradictoria.

La materia orgánica del alpechín sufre en el suelo procesos de transformación que dan lugar a ácidos húmicos, cuyas propiedades químicas y funcionales son similares a las de las fracciones húmicas existentes en los suelos. Esta transformación que es relativamente rápida da lugar al enriquecimiento del suelo en nitrógeno, fósforo y potasio, y a una mejora de las propiedades estructurales de los suelos (aumento de la estabilidad de los agregados), que permite un aumento de la actividad microbiana. Sin embargo, también se ha encontrado un aumento de la compactabilidad y de la dureza que reduciría la aireación y la facilidad para degradar la materia orgánica.

La alta salinidad del alpechín puede aumentar la CE del suelo, así como cambiar la composición del complejo de cambio, aumentando la proporción de sodio, potasio y magnesio en el mismo, en detrimento de la de calcio, si bien estas sustituciones son menos probables en los suelos cálcicos debido al pH ácido del alpechín.

Inmediatamente después de la aplicación del alpechín decrece la actividad microbiana del suelo, debido probablemente a la presencia de compuestos orgánicos tóxicos. Sin embargo, unos días después (7-11 días) aumenta dicha actividad. Muchos autores han detectado un aumento de las bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico tras la aplicación del alpechín, lo que se traduce en aumento de 2-200 kg/ha de N. Este aumento de bacterias fijadoras de N<sub>2</sub> tiene además gran importancia porque estas bacterias producen sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas (auxinas, giberelinas, citoquininas), que juegan un papel muy importante en el metabolismo de las plantas.

Cuadro 4  
OTRAS CARACTERÍSTICAS de los ALPECHINES

Parámetro	Unidades	Sistema de prensa	Sistema continuo
pH		4,5-5,0	4,7-5,2
DQO	g/l	120-130	45-60
DBO	g/l	90-100	35-48
sólidos suspensión	g/l	1	9
sólidos totales	g/l	120	60
materia seca	g/l	15	5
materia volátil	g/l	105	55

Cuadro 5  
COMPOSICIÓN de tres PARTIDAS de COMPOST de ALPECHÍN

Parámetro	Unidades	Partida		
		A	B	C
pH (1:5)		7,40	7,55	8,07
CE (1:5)	dS/m	2,90	2,96	2,71
humedad	%	13,1	17,2	27,5
N-Kjeldahl	%	0,67	0,50	1,54
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0,41	0,73	0,58
K <sub>2</sub> O	%	2,53	2,61	1,16
MO	%	21,8	10,6	33,8
C/N		18,9	12,3	12,7

Tras la aplicación del alpechín se detecta también un efecto supresivo de los parásitos del suelo, que parece tener que ver con el aumento de las bacterias fijadoras de N<sub>2</sub>.

En general, la aplicación de alpechín al suelo puede ser beneficiosa para los cultivos siempre que se usen las cantidades adecuadas en el momento adecuado. Se han descrito efectos positivos cuando se aplica a olivos, viñas e incluso cereales. Sin embargo, también se ha detectado inhibición de la germinación de algunas semillas y otros efectos negativos sobre algunos cultivos, que se relacionan con los altos contenidos en sales, la acidez y la presencia de compuestos fitotóxicos (polifenoles). Tales efectos negativos están también estrechamente relacionados con la cantidad de alpechín así como con las características del suelo y los cultivos.

Los efectos fitotóxicos comienzan a apreciarse inmediatamente después de la aplicación, siendo particularmente evidentes en los cultivos herbáceos y malas hierbas, pero no en árboles. El efecto sobre la germinación puede persistir durante 2 ó tres meses.

De todo lo anterior se deduce que si bien la aplicación agrícola directa del alpechín no es imposible bajo un estricto control que evite por un lado la contaminación del propio suelo y de las aguas subterráneas, así como los efectos negativos sobre



3.- Lodos extraídos de las balsas de evaporación.

los cultivos, se necesita más información sobre muchos aspectos relacionados con la bioquímica y la microbiología del suelo y sobre los efectos de esta práctica sobre el sistema suelo-planta.

### El compostaje

Muchos de los inconvenientes encontrados en la aplicación directa de los alpechines pueden atenuarse o eliminarse si se someten a procesos de compostaje. Así, el alpechín puede co-compostarse con otros residuos agrícolas o estiércoles, obteniéndose composts que no muestran fitotoxicidad y que sin embargo muestran efectos beneficiosos para la fertilidad de los suelos, como son el aumento de las bacterias fijadoras de  $N_2$ , productoras de amonio, nitrificantes, etc. Además, su uso aumenta el poder de retención de agua del suelo y la capacidad de cambio catiónico, y mejora las propiedades físicas del suelo (AMIRANTE, 1990).

Otra alternativa es someter el alpechín a un proceso biotecnológico en el que primero se neutraliza y se trata con un catalizador, y después el líquido resultante se somete a una serie de procesos de biotransformación mediante una población microbiana dominada por bacterias fijadoras de  $N_2$ . En esta segunda fase se produce un notable aumento de esas bacterias y gran cantidad de polímeros extracelulares, se elimina la fitotoxicidad, se producen auxinas, etc. El producto final es un líquido amarillo pálido, viscoso, moderadamente alcalino (pH 7,5-8) no fitotóxico, que puede usarse como un fertilizante líquido directamente o diluido con agua (BALIS, 1993).

Otra técnica que permite la recuperación de la materia orgánica del alpechín es su neutralización

con cal, obteniéndose un lodo idóneo para ser usado como fertilizante (TOMATI Y GALLI, 1990).

Los lodos procedentes de las balsas bien directamente o sometidos a compostaje con otros residuos agrícolas, constituyen otra alternativa (ZAFRA MARÍN Y MONTERO TIRADO, 1986; MONTAÑO Y SEGURA, 1986). Con uno de estos composts (véase Cuadro 5) se lleva experimentando varios años en el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Sevilla y los resultados han mostrado que su uso no es perjudicial para la germinación, produce aumentos notables de los contenidos en materia orgánica y nitrógeno orgánico del suelo, susceptible de mineralizarse lentamente (CABRERA *et al.*, 1990; LÓPEZ, 1992; MARTÍN-OLMEDO *et al.*, 1993).

El potencial que ofrecen los composts es enorme. En Andalucía podrían producirse 180.000  $tm/año$  a partir de los 2,1 millones de  $m^3$  de alpechín. Si atendemos a la tendencia actual de implantación del sistema de dos fases en el que prácticamente no se produce alpechín, sino un orujo que contiene toda la carga orgánica e inorgánica de aquel, el problema de los residuos de la industria aceitera queda transferido al nuevo orujo. El nuevo orujo, ya denominado por algunos «alperujo», presenta una humedad más alta que los procedentes de los sistemas clásicos, lo que dificulta su secado para la extracción del aceite. Se está trabajando intensamente para encontrar soluciones técnicas para el secado, pero otra posible solución que no debe descartarse es la del compostaje del alperujo.

### BIBLIOGRAFÍA

- AMIRANTE, P. 1990. *Tecnologías e instalaciones para la depuración por medio de procesos físicos de concentración y ósmosis*. Reunión internacional sobre tratamiento de alpechines. Córdoba.
- AYESA, 1992. *Plan de puesta en marcha de plantas experimentales de depuración y eliminación de alpechines en las cuencas de los ríos Guadalquivir y Guadalete: evaluación de la experiencia*. MOPYT. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Sevilla.
- BALIS, C. 1993. *Valorization of olive oil mills liquid wastes through dinitrogen fixation*. Workshop on «Use of oil processing waste water in agriculture». Bari.
- BERTOLDI, M. DE, FILLIPPI, C. Y PICCI, G. 1986. *Olive residue composting and land utilization*. Proceeding International symposium on the olive by products valorization 307-326. FAO, UNDP. Sevilla.
- CABRERA, F., LÓPEZ, R. MURILLO, J.M. Y BREÑAS, M.A. 1990. *Olive vegetation water*

- residues composted with other agricultural by-products as organic fertilizer*. 10th World fertilization congress of CIEC. Nicosia, Chipre.
- FIESTAS, J.A. 1986. *Vegetation water used as a fertilizer*. Proceeding International symposium on the olive by products valorization, 321-330. FAO, UNDP. Sevilla.
- FULLER, W.H. Y WARRICK, 1985. *Soil in waste treatment and utilization*. CRC Press, Boca Ratón, Florida.
- LÓPEZ, R. 1992. *Efectos sobre el suelo y los cultivos de la aplicación de vinaza de remolacha y compost de alpechín*. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla.
- LÓPEZ, R., MARTÍNEZ BORDIU, A., MARTÍNEZ BORDIU, A., CABRERA, F. Y MURILLO, J.M. 1992. *Land treatment of liquid wastes from the olive oil industry (alpechín)*. Fresenius Environ. Bull. 1; 129-134.
- MARTÍN-OLMEDO, P., LÓPEZ, R., CABRERA, F. Y MURILLO, J.M. 1993. *Mineralización del nitrógeno orgánico en suelos tratados con compost de alpechín y vinaza de remolacha*. Proceeding IX Congreso Nacional de Química. Sevilla, Vol. I, 75-82.
- MARTÍNEZ BORDIU, A. Y MARTÍNEZ BORDIU, A. 1991. *Investigación sobre eliminación de residuos líquidos de la fabricación de aceite («alpechines») mediante su infiltración en suelos margocalizos*. Mapfre Seguridad, 41; 41-45.
- MONTAÑO, J. Y SEGURA, J.D. 1986. *Compost production using vegetation water and other agricultural by-products*. Proceeding International symposium on the olive by products valorization, 359-361. FAO, UNDP. Sevilla.
- RAMOS AYERBE, F. Y ORTEGA JURADO, A. 1986. *Olive residue composting and land utilization*. Proceeding International symposium on the olive by products valorization, 427-443. FAO, UNDP. Sevilla.
- SAIZ-JIMÉNEZ, C., DE LEEUW, J.W. Y GÓMEZ-ALARCÓN, G. 1987. *Sludge from the waste water of the olive processing industry: a potential soil fertilizer?*. Sci. Total Environ. 62; 445-452.
- TOMATI, U. Y GALLI, E. 1990. *Recovery of olive waste water organic matter for soil fertilization*. 10th World fertilization congress of CIEC. Nicosia, Chipre.
- TOMATI, U. Y GALLI, E. 1992. *The fertilization value of water from the olive processing industry*. Humus, its structure and role in agriculture and environment. (Ed. J. Kubat), Elsevier Sci. Pub., 117-126.
- ZAFRA MARÍN, G. Y MONTERO TIRADO, M. 1986. *Production of dried sludge from vegetation water and its use as a fertilizer and fuel source*. Proceeding International symposium on the olive by products valorization, 355-357. FAO, UNDP. Sevilla.